

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of :
Masayuki OKUBO :
Serial No. NEW : **Attn: APPLICATION BRANCH**
Filed November 24, 2003 : Attorney Docket No. 2003_1639A
BRUSHLESS MOTOR

CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

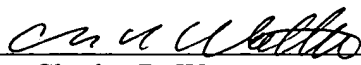
Sir:

Applicant in the above-entitled application hereby claims the date of priority under the International Convention of Japanese Patent Application No. 2002-362965, filed December 13, 2002, as acknowledged in the Declaration of this application.

A certified copy of said Japanese Patent Application is submitted herewith.

Respectfully submitted,

Masayuki OKUBO

By 
Charles R. Watts
Registration No. 33,142
Attorney for Applicant

CRW/asd
Washington, D.C. 20006-1021
Telephone (202) 721-8200
Facsimile (202) 721-8250
November 24, 2003

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 2 月 1 3 日
Date of Application:

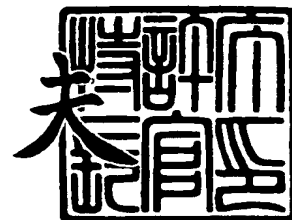
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 6 2 9 6 5
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 6 2 9 6 5]

出 願 人 株 式 会 社 ミ ツ バ
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 6 2 7 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 02P00269

【提出日】 平成14年12月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H02K 29/00

【発明者】

【住所又は居所】 群馬県桐生市広沢町 1 丁目 2 6 8 1 番地 株式会社ミツ
バ内

【氏名】 大久保 雅通

【特許出願人】

【識別番号】 000144027

【氏名又は名称】 株式会社ミツバ

【代理人】

【識別番号】 100102853

【弁理士】

【氏名又は名称】 鷹野 寧

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 115614

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ブラシレスモータ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 軸方向の長さが L_M に形成されたマグネットを備えるロータと、前記マグネットとエアギャップを介して対向しその先端部に前記エアギャップに臨んで補助溝が凹設されたティースを周方向に沿って複数個配置したステータコアを備えるステータとを有するブラシレスモータであって、

前記ステータコアの軸方向の長さ L_S は、前記マグネットの軸方向の長さ L_M よりも大きい ($L_S > L_M$) ことを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項 2】 請求項 1 記載のブラシレスモータにおいて、前記ステータコアは、その両端に前記マグネットと対向せず、前記マグネットの軸方向端部から軸方向に沿って張り出したオーバーハング部を有することを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項 3】 請求項 2 記載のブラシレスモータにおいて、前記オーバーハング部の軸方向の長さ X が $0.5\text{ mm} \sim 8.0\text{ mm}$ であることを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項 4】 請求項 1 ～ 3 に何れか 1 項に記載のブラシレスモータにおいて、前記補助溝の中心が前記ティースの周方向端面の延長線上に位置することを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項 5】 請求項 1 ～ 4 に何れか 1 項に記載のブラシレスモータにおいて、前記補助溝の溝幅が隣接する前記ティース間に形成されたスロットの幅と等しいことを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 に何れか 1 項に記載のブラシレスモータにおいて、前記ブラシレスモータは電動パワーステアリング装置用のモータであること特徴とするブラシレスモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ブラシレスモータに関し、特に、コギングトルクの低減を図ったブ

ラシレスモータ関する。

【0002】

【従来の技術】

ブラシレスモータは、ブラシ・整流子間のような機械的接点がないため、ブラシの摩耗や電気ノイズ等の問題がなく、近年、種々の分野にて多用されている。例えば、ロボット等の産業用機械やパソコン等のIT機器、自動車用電動パワーステアリング（以下、EPSと略記する）など、半導体制御回路の発達に伴い、それらの駆動源としてブラシレスモータを採用するケースが増加している。ところが、このようなブラシレスモータでは、ロータ側の永久磁石とステータ側のコアティースとの間の吸引力により、いわゆるコギングトルクが生じやすい傾向がある。かかるコギングトルクは、騒音や振動の原因となるのみならず、EPS用モータにおいては操舵感を悪化させる一因ともなる。

【0003】

コギングトルクを減少させる方策としては、まず、ステータの多スロット化によりトルクムラを細分化してそれを小さく抑えることが考えられる。しかしながら、スロットを無限に多くすることは不可能であり、多スロット化はモータサイズの面から自ずと限界がある。このため、従来よりコアティース先端の磁束が密となる部分に溝を設けてティース先端部を二股状に分割形成し、これによって擬似的に多スロット化を図る方法が提案されている。例えば、実公平7-47981号公報のブラシレスモータでは、ティース先端に1/2スロットピッチの補助溝を設け、見かけ上スロットが倍増したような構成としている。

【0004】

【特許文献1】 実公平7-47981号公報

【特許文献2】 特開平10-42531号公報

【特許文献3】 特開平11-18326号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来より、マグネット51とステータコア52は、図6，7に示すように、両者が同じ長さ、若しくは出力向上のためマグネット51がステー

タコア 52 よりも長く形成されるのが一般的である。このため、前述のように補助溝により疑似多スロット化を図っても、磁束の一部がステータコアの端面 52a から回り込み、その効果が十分に得られないという問題があった。すなわち、ティース先端部を通らない磁束が存在し、この補助溝と無関係の磁束の流れにより疑似スロット部分によるコギング低減効果が十分に発揮されず、その改善が望まれていた。

【0006】

本発明の目的は、補助溝によるコギングトルク低減等の効果を効率良く発揮させ得るブラシレスモータを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明のブラシレスモータは、軸方向の長さが L_M に形成されたマグネットを備えるロータと、前記マグネットとエアギャップを介して対向しその先端部に前記エアギャップに臨んで補助溝が凹設されたティースを周方向に沿って複数個配置したステータコアを備えるステータとを有するブラシレスモータであって、前記ステータコアの軸方向の長さ L_S を前記マグネットの軸方向の長さ L_M よりも大きく ($L_S > L_M$) 設定したことを特徴とする。

【0008】

本発明にあつては、ステータコア軸長 L_S をマグネット軸長 L_M よりも大きくしたので、ステータコアにマグネットと対向せずマグネットの軸方向端部から軸方向に沿って張り出した部分を形成することができる。これにより、軸方向端面からステータコアに流れ込む磁束が少なくなり、ほとんどの磁束が径方向からティース先端部を通してステータコアに流入する。従つて、補助溝による疑似多スロット効果が効率良く発揮され、コギング等の低減を図ることが可能となる。

【0009】

前記ブラシレスモータにおいて、前記ステータコアは、その両端に前記マグネットと対向せず、前記マグネットの軸方向端部から軸方向に沿って張り出したオーバーハング部を設けても良く、その軸方向の長さ X を $0.5\text{ mm} \sim 8.0\text{ mm}$ の範囲に設定するようにしても良い。

【0010】

また、前記ブラシレスモータにおいて、前記補助溝の中心を前記ティースの周方向端面の延長線上に位置するように設けても良い。ティース先端部においてティース周方向端面の延長位置は磁束密度が高い部分であり、ここに補助溝の中心を配置することにより電機子反作用磁束の磁路が狭まり磁路抵抗が大きくなる。従って、電機子反作用磁束がティース内を流れにくくなり、電機子反作用の影響が低減し、減磁を抑えることが可能となる。

【0011】

さらに、前記ブラシレスモータにおいて、前記補助溝の溝幅を隣接する前記ティース間に形成されたスロットの幅と等しく形成しても良い。これにより、隣接するティースとの間で、補助溝によってティース先端部に形成されるサブティースが周方向に沿って等間隔に並び、ステータコアのスロット数を擬似的に増加させることができる。

【0012】

一方、前記ブラシレスモータを電動パワーステアリング装置の駆動源として用いても良く、これにより、モータのコギングに起因する騒音や振動が低減されると共にステアリング戻りもスムーズとなり、操舵感の向上を図ることが可能となる。

【0013】**【発明の実施の形態】**

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。図1は、本発明の一実施の形態であるブラシレスモータ1（以下、モータ1と略記する）の構成を示す説明図である。当該モータ1は、EPSの駆動源として使用され、図1に示すように、ロータマグネット2（以下、マグネット2と略記する）を備えたロータ3の周囲にステータ4を配したインナーロータ型の装置構成となっている。モータ1は、運転者がハンドルを操作すると操舵角や走行速度等に従って制御駆動され、図示しない減速ギアを介してステアリングコラム軸に対し操舵補助力が供給される。

【0014】

ロータ 3 は、金属製のシャフト 5 に取り付けられたロータコア 6 と、ロータコア 6 の外周に固定された 4 極のマグネット 2 とから構成されている。マグネット 2 はフェライト磁石からなる 4 個のセグメントに分割形成されている。ステータ 4 は、ハウジング 7 と、ハウジング 7 の内周側に固定されたステータコア 8 と、ステータコア 8 に巻装された巻線 9 とから構成されている。図 2 は、ステータコアの構成を示す説明図である。ステータコア 8 には内周側に複数個のティース 11 が突設され、そこにコイルが分布巻又は集中巻にて巻回され巻線 9 が形成される。

【0015】

ティース 11 の先端部 11a には補助溝 12 が 2 本形成されている。補助溝 12 は、マグネット 2 とティース 11 先端部との間に形成されるエアギャップ G に臨んで開口し、径方向に向かって凹設されている。補助溝 12 によってティース 11 の先端部 11a は三股形状となり、サブティース 13 が 3 個形成される。補助溝 12 の中心位置 O_1 は、ティース基部 11b の周方向端面 P と同じ位置に形成されている。この端面 P の延長位置は、先端部 11a において磁束密度が高い部分であり、ここに補助溝 12 を設けることにより電機子反作用磁束の磁路抵抗が大きくなる。従って、電機子反作用磁束がティース 11 内を流れにくくなり、電機子反作用の影響が低減し、減磁を抑えることが可能となる。

【0016】

また、補助溝 12 の幅 W_A はスロット 14 の幅 W_S と同幅又は W_S よりもやや広くになっており、隣接するティース 11 との間で、サブティース 13 が周方向に沿って等間隔又はほぼ等間隔に並ぶ。すなわち、補助溝 12 によりステータコア 8 のスロット数が擬似的に増加する形となり、コギングの低減が図られると共に、インダクタンスや電機子反作用も低減する。なお、補助溝 12 及びスロット 14 はスキュー角 20° にて $1/2$ スロット分スキューされて設けられている。

【0017】

ハウジング 7 内には、ロータ 3 の回転位置を検出するためのホールセンサ 10 が配設されている。モータ 1 ではマグネット 2 の主磁束を用いてロータ回転位置の検出が行われ、ホールセンサ 10 はマグネット 2 の磁極の変化に伴って信号を

出力する。ホールセンサ 10 による検出信号に基づいて巻線 9 への電流が適宜切り替えられ、ロータ 3 を回転駆動させる回転磁界が形成される。

【0018】

一方、モータ 1 では、マグネット 2 の軸方向長 L_M がステータコア 8 の軸方向長 L_S よりも短くなっている ($L_M < L_S$)。ステータコア 8 の両端には、マグネット 2 と対向しない長さ X のオーバーハング部 15 がそれぞれ形成されている。オーバーハング量 X は、マグネット 2 とステータコア 8 のティース 11 先端部との間に形成されるエアギャップ G が $0.4\text{ mm} \sim 1\text{ mm}$ の場合、 $X = 0.5\text{ mm} \sim 8\text{ mm}$ に設定される。当該モータ 1 では、 $G = 0.4\text{ mm}$ において $X = 4.5\text{ mm}$ ($L_M = 3.7\text{ mm}$, $L_S = 4.6\text{ mm}$) に設定されている。

【0019】

図 3 は、このようなオーバーハング部 15 を設けたモータ 1 における磁束の流れを示す説明図である。図 3 に示すように、モータ 1 ではマグネット 2 の両端にオーバーハング部 15 が存在するため、磁束は図中の矢印のようにステータコア 8 に径方向から流入する。従って、図 6, 7 のように磁束がステータコア 8 の軸方向端面 8a から回り込んでしまうのを抑えることができ、ほとんどの磁束がティース 11 の先端部を通過する。このため、補助溝 12 による疑似多スロット効果が効率良く発揮され、コギング等の低減を図ることが可能となる。

【0020】

発明者の実験によれば、 $X = 4.5\text{ mm}$ ($L_M = 3.7\text{ mm}$, $L_S = 4.6\text{ mm}$) に設定したモータ 1 では、磁束量 34000 Mx 、正逆回転のコギング量とロストルクの平均値がそれぞれ 0.005 Nm , 0.011 Nm 、コギング量を磁束量で除した値が 1.5×10^{-7} となった。これに対し、 $X = 0\text{ mm}$ ($L_M = 4.6\text{ mm}$, $L_S = 4.6\text{ mm}$: オーバーハングなし) に設定したモータでは、磁束量 38000 Mx 、正逆回転のコギング量とロストルクの平均値がそれぞれ 0.007 Nm , 0.013 Nm 、コギング量を磁束量で除した値が 1.8×10^{-7} となった。すなわち、オーバーハング部 15 を設けたモータ 1 では、コギング量が $0.007\text{ Nm} \rightarrow 0.005\text{ Nm}$ に低減した。

【0021】

また、磁束量を出力と考えると、出力に対するコギング量もオーバーハング部

15 を設けたモータ 1 の方が小さくなる ($1.8 \times 10^{-7} \rightarrow 1.5 \times 10^{-7}$)。つまり、モータ 1 はステータコア 8 が長くなったことにより、同じ大きさのマグネットにて比較すると有効磁束が増大したと考えられ、 $X = 0 \text{ mm}$ のモータよりも出力が向上し、コギングが小さくなっている。

【0022】

なお、 $X = -4.5 \text{ mm}$ ($L_M = 46 \text{ mm}$, $L_S = 37 \text{ mm}$: マグネット 2 の方が長い逆オーバーハング状態) に設定したモータでは、磁束量 34000 Mx 、正逆回転のコギング量とロストルクの平均値がそれぞれ 0.032 Nm , 0.012 Nm 、コギング量を磁束量で除した値が 9.4×10^{-7} となった。すなわち、図 7 のような状態では軸方向の磁束の回り込みの影響が大きく、コギング量がかなり大きくなることが分かる。図 4 は、この場合とモータ 1 におけるコギング量を比較して示した説明図である。図 4 から明かなように、モータ 1 ではコギング量が大幅に改善されていることが分かる。

【0023】

また、オーバーハング量 X とコギング量との関係も発明者の実験により図 5 のようになることが分かった。図 5 に示すように、コギング量はマグネット 2 がステータコア 8 よりも張り出す形の逆オーバーハングとすると大きくなる。オーバーハングなし ($X = 0$) から $X = 0.5 \text{ mm}$ 近傍までコギング量は漸減し、その後はやや減少しつつ略一定となる。

【0024】

このように、当該モータ 1 では、マグネット 2 の両端にステータコア 8 が張り出す形でオーバーハング部 15 を設けたので、軸方向端面 8a からステータコア 8 に回り込む磁束を抑えることができ、補助溝 12 による効果を十分に得ることが可能となる。従って、コギングの低減を図ることが可能となると共に、電機子反作用の影響やトルク変動、インダクタンスなども低減できる。また、マグネット 2 からステータコア 8 への磁束も効率良く利用することができ、出力に対するコギング量を減少させ、効率良くコギングの低減等を図ることが可能となる。このため、モータ 1 を EPS の駆動源として用いると、コギングに起因する騒音や振動が低減されると共にステアリング戻りもスムーズとなり、操舵感の向上を図

ることが可能となる。

【0025】

さらに、電機子反作用の影響を低減できるため、進角なし（ 0° ）の状態で使用でき、しかも、トルク変動を抑えることができる。特に、EPS用モータのように正逆回転するものは、機械的な進角設定が難しく、複雑な制御によって進角を実現しているが、当該モータによればかかる制御も必要なく、制御形態を簡素化しCPUの負担を軽減することが可能となる。

【0026】

本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

例えば、前述の実施の形態ではオーバーハング量Xを4.5mmとした例を示したが、オーバーハング量Xは4.5mmには限定されず、0.5mm～8.0mm程度の範囲でモータ仕様に応じて適宜設定することが可能である。また、オーバーハング量Xはステータ8の両側で必ずしも同じ値とする必要はなく、レイアウト上の要請や、ホールセンサ10との位置関係に応じて0.5mm～8.0mmの範囲で適宜異なる値を設定することも可能である。特に、マグネット2の主磁束を用いてロータ回転位置の検出を行うものでは、ホールセンサ10側のオーバーハング量Xを多く採ると、マグネット2とホールセンサ10との間の距離が大きくなりセンシング誤差が生じる可能性があり、かかる場合にはホールセンサ10側のオーバーハング量Xを適宜小さくすることが有効である。

【0027】

一方、前述の実施の形態ではインナーロータ型のブラシレスモータに本発明を適用した例を示したが、ロータがステータの外側に配設されるいわゆるアウトロータ型のブラシレスモータに本発明を適用することも可能である。さらに、前述の実施の形態では本発明をコラムアシスト型のEPSに適用した例を示したが、ラックアシスト型等の他の方式のEPSにも適用可能である。加えて、本発明のブラシレスモータをEPS以外の用途、例えば、ロボット等の産業用機械やパソコンやその周辺機器等のIT機器にも適用可能である。

【0028】

【発明の効果】

本発明のブラシレスモータによれば、ステータコア軸長 L_S をマグネット軸長 L_M よりも大きくしたので、ステータコアにマグネットと対向せずマグネット端部から張り出した部分を形成することができ、軸方向端面からステータコアに流れ込む磁束が抑制される。従って、補助溝による疑似多スロット効果を効率良く発揮させることができ、コギング等の低減を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

本発明の一実施の形態であるブラシレスモータの構成を示す説明図である。

【図 2】

図 1 のブラシレスモータにおけるステータコアの構成を示す説明図である。

【図 3】

オーバーハング部を設けた図 1 のブラシレスモータにおける磁束の流れを示す説明図である。

【図 4】

オーバーハング量とコギング量との関係を示す説明図である。

【図 5】

マグネットの方がステータコアより長い逆オーバーハング状態のモータと図 1 のモータのコギング量を比較して示した説明図である。

【図 6】

従来のブラシレスモータの構成を示す説明図である。

【図 7】

従来の他のブラシレスモータの構成を示す説明図である。

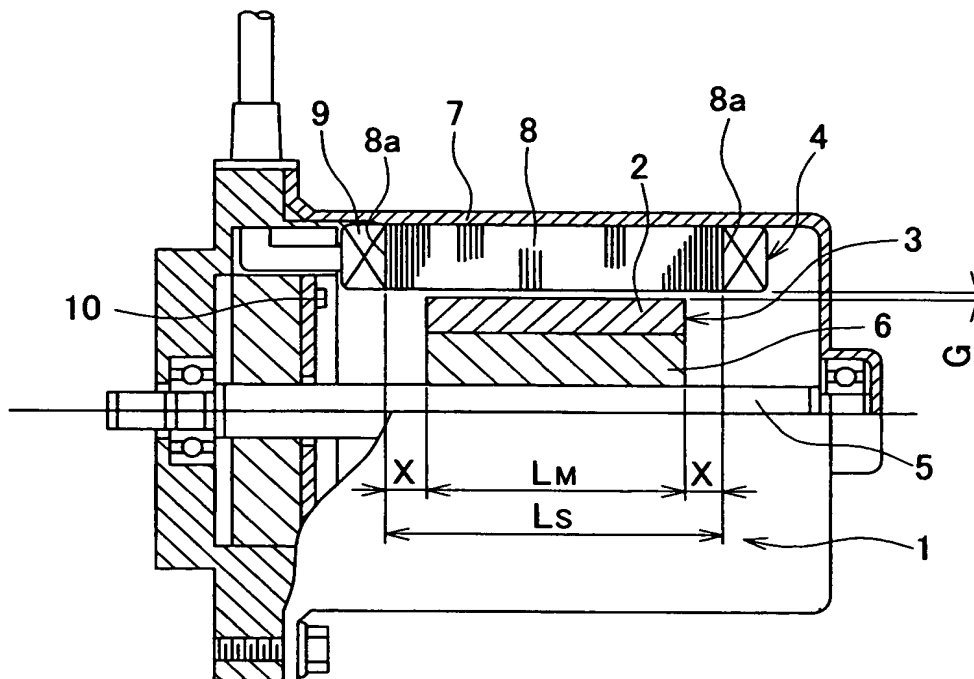
【符号の説明】

- 1 ブラシレスモータ
- 2 ロータマグネット
- 3 ロータ
- 4 ステータ
- 5 シャフト

6	ロータコア
7	ハウジング
8	ステータコア
8 a	ステータコア軸方向端面
9	巻線
1 0	ホールセンサ
1 1	ティース
1 1 a	先端部
1 1 b	基部
1 2	補助溝
1 3	サブティース
1 4	スロット
1 5	オーバーハング部
5 1	マグネット
5 2	ステータコア
5 2 a	ステータコア端面
G	エアギャップ
L _M	マグネット軸方向長
L _S	ステータコア軸方向長
O ₁	補助溝中心位置
P	ティース周方向端面
W _A	補助溝幅
W _S	スロット幅
X	オーバーハング量

【書類名】 図面

【図 1】



1 : ブラシレスモータ

2 : ロータマグネット

3 : ロータ

4 : ステータ

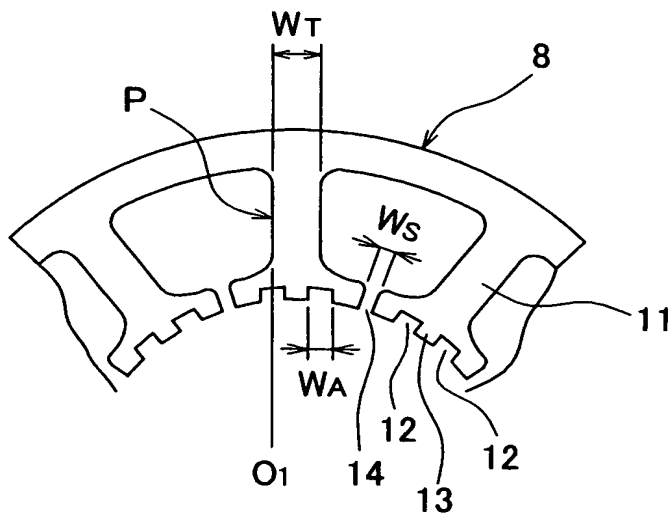
8 : ステータコア

LM : マグネット軸方向長

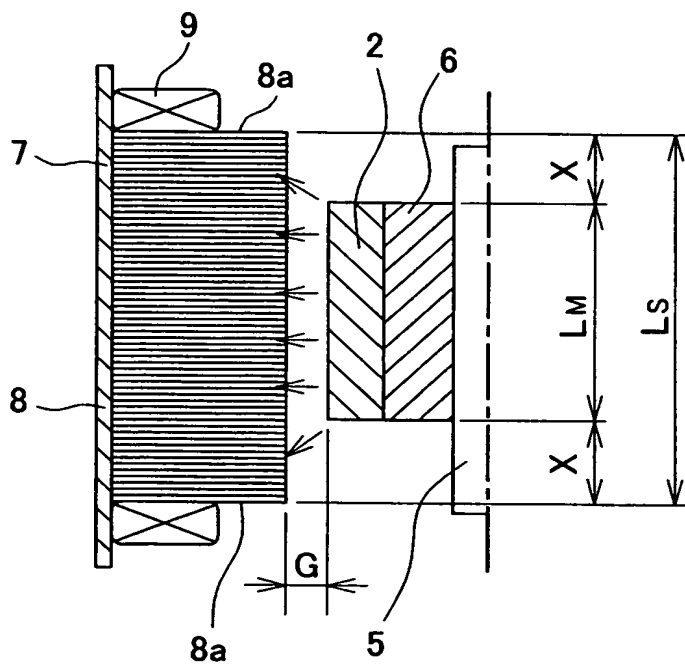
LS : ステータコア軸方向長

X : オーバーハング量

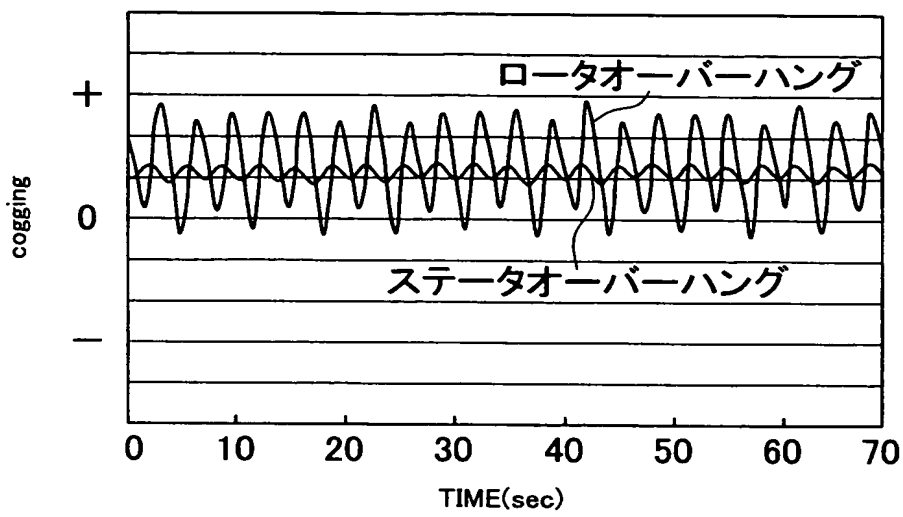
【図 2】



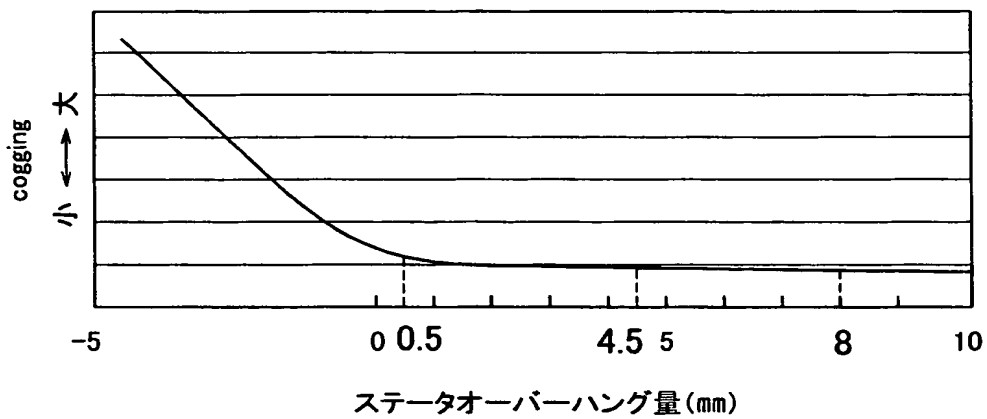
【図 3】



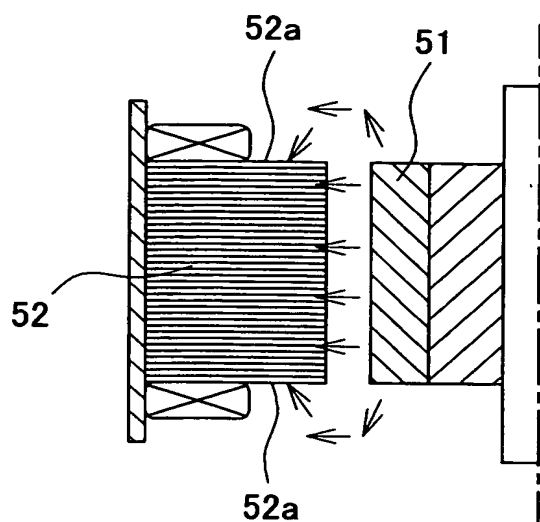
【図 4】



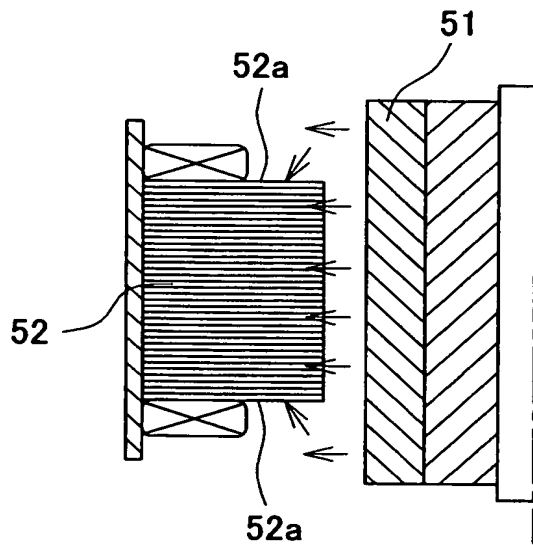
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 補助溝によるコギングトルク低減等の効果を効率良く発揮させ得るブラシレスモータを提供する。

【解決手段】 ブラシレスモータ 1 は、マグネット 2 を備えるロータ 3 と、ステータコア 8 を備えるステータ 4 からなる。ステータコア 8 は、先端部に補助溝が形成され疑似多スロット化が施されたティース 11 を有する。マグネット 2 は軸方向の長さが L_M に形成されている。ステータコア 8 は軸方向の長さが L_S に形成されており、 L_S は L_M よりも大きくなっている ($L_S > L_M$)。ステータコア 8 の両端に、マグネット 2 と対向しないオーバーハング部 15 を形成する。ステータコア 8 の軸方向端面 8a から流れ込む磁束が抑制され、ほとんどの磁束がティース先端部からステータコア 8 に流入し、補助溝による疑似多スロット効果が効率良く発揮される。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 6 2 9 6 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 4 4 0 2 7]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 1 0 月 4 日

[変更理由]

名称変更

住 所

群馬県桐生市広沢町 1 丁目 2 6 8 1 番地

氏 名

株式会社ミツバ